Zentralabitur 2022	Physik		Material für Prüflinge
Aufgabe II a		eA	Prüfungszeit*: 300 min

*Die Prüfungszeit setzt sich zusammen aus 270 min Bearbeitungszeit und 30 min Auswahlzeit.

Thema: Interferenz – Schwingungen – Elektronen

In Aufgabe 1 wird die Intensitätsverteilung im Spektrum einer Leuchtdiode (LED) untersucht.
In Aufgabe 2 geht es um die Schwingungen eines Feder-Masse-Pendels und eines horizontalen Federschwingers. Ein Franck-Hertz-Versuch mit Heliumgas ist Gegenstand von Aufgabe 3.

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Das Licht einer LED kann mit der objektiven Methode untersucht werden.

1.1 Bei Interferenzexperimenten mit Licht einer LED und einem Doppelspalt entstehen Maxima und Minima auf dem Schirm.

Erläutern Sie deren Entstehung.

Wenn der Abstand e zwischen Doppelspalt und Schirm wesentlich größer ist als der Spaltmittenabstand g des Doppelspalts, gilt für die Interferenzmaxima folgende Gleichung:

$$n \cdot \lambda = g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{a_\mathrm{n}}{e}\right)\right)$$

n: Ordnung des Maximums; λ: Wellenlänge; a_n: Abstand zwischen dem Maximum 0. Ordnung und dem Maximum n-ter Ordnung

Leiten Sie diese Gleichung mithilfe einer geeigneten Skizze begründet her. **[10 BE]**

1.2 Anstelle des Doppelspalts wird im folgenden Versuch ein optisches Gitter verwendet. Mit einem Lichtsensor werden die Intensitäten im Bereich des Maximums 1. Ordnung ausgemessen (M1a). Die Messwerte sind in Material 1b (M1b) gegeben.

Stellen Sie die Messwerte aus M1b in einem a-U-Diagramm dar.

Ermitteln Sie mithilfe des a-U-Diagramms die Wellenlänge λ_max maximaler Intensität des Lichts der grün leuchtenden LED.

Laut Angaben des Herstellers liegt die Wellenlänge maximaler Intensität dieser LED bei $\lambda = 525\ \mathrm{nm}$.

Beurteilen Sie die Herstellerangabe unter Einbeziehung der Messunsicherheiten für a_n und e sowie des oben ermittelten Wertes von λ_max. **[11 BE]**

1.3 Nun sollen die Intensitäten im Bereich der Maxima 1. und 2. Ordnung verglichen werden. Mit einem geeigneten Gitter erhält man für das Experiment aus 1.2 so kleine Beugungswinkel, dass die folgende Näherungsgleichung gilt: $n \cdot \lambda = g \cdot \frac{a_\mathrm{n}}{e}$.
Hinweis: Diese Gleichung gilt für alle Wellenlängen und insbesondere auch für die kurz- und langwelligen Grenzen der Maxima.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie sich das a-U-Diagramm des Maximums 1. Ordnung vom a-U-Diagramm des Maximums 2. Ordnung hinsichtlich der Intensitätsverteilung unterscheidet. **[3 BE]**

Aufgabe 2

In dieser Aufgabe werden die Bewegungen eines Feder-Masse-Pendels (M2a) und eines horizontalen Federschwingers (M2b) betrachtet.
Hinweis: Reibungseffekte sollen nicht berücksichtigt werden.

2.1 Ein Feder-Masse-Pendel wie in M2a führt eine harmonische Schwingung aus.

Erläutern Sie am Beispiel des Feder-Masse-Pendels die Begriffe Amplitude, Periodendauer, Frequenz und harmonische Schwingung. **[4 BE]**

2.2 Für die Periodendauer T eines Feder-Masse-Pendels gilt: $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{D}}$.

Planen Sie ein Experiment, mit dem man die Abhängigkeit der Periodendauer T von der Masse m möglichst genau untersuchen kann.

Das Feder-Masse-Pendel aus M2a wird um $4\ \mathrm{cm}$ nach unten ausgelenkt und losgelassen. M2c zeigt das zugehörige Zeit-Auslenkung-Diagramm.

Ermitteln Sie die Masse m des Feder-Masse-Pendels mit M2c.

Nun wird die Masse m vervierfacht und das Pendel um $3\ \mathrm{cm}$ ausgelenkt.

Skizzieren Sie einen zugehörigen Graphen in M2c. **[9 BE]**

2.3 Im Folgenden wird der horizontale Federschwinger aus M2b betrachtet. Er wird nach links ausgelenkt und losgelassen.

Beschreiben Sie den Schwingungsvorgang anhand von Energieumwandlungen.

In einem Experiment wurde die Periodendauer T des horizontalen Federschwingers in Abhängigkeit von der Masse m untersucht. Die Tabelle in M2d enthält die zugehörigen Messdaten.

Ermitteln Sie einen funktionalen Zusammenhang $T = C \cdot \sqrt{m}$, wobei Sie auch einen Wert für die Konstante C bestimmen und Ihr Vorgehen in der aus dem Unterricht bekannten Weise dokumentieren.

Die Periodendauer eines horizontalen Federschwingers kann mit der Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$ berechnet werden, wobei K eine Konstante des Federschwingers ist.

Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie die Konstante K mit der Federkonstante D der benutzten Federn zusammenhängt. **[11 BE]**

Aufgabe 3

In dieser Aufgabe geht es um Elektronen in elektrischen Feldern und beim Franck-Hertz-Versuch.

3.1 Es wird eine Franck-Hertz-Röhre nach M3a betrachtet. Wechselwirkungen mit den Gasatomen sollen zunächst nicht berücksichtigt werden.

Erläutern Sie die Funktionen der Spannungen U_{H}, U_{B} und U_{G} (M3a) beim Franck-Hertz-Versuch.

Erläutern Sie die Bewegung eines einzelnen Elektrons in der Röhre für den Fall $U_{\mathrm{B}} = 5\ \mathrm{V}$ und $U_{\mathrm{G}} = 7\ \mathrm{V}$. **[6 BE]**

3.2 Mit dem Versuchsaufbau in M3a wird ein Franck-Hertz-Versuch durchgeführt. Die Röhre ist mit Heliumgas gefüllt. Die Messdaten sind in M3b dargestellt.

Beschreiben Sie die Versuchsdurchführung zur Aufnahme dieses Graphen.

Deuten Sie den Verlauf des Graphen in M3b für Beschleunigungsspannungen zwischen $U_{\mathrm{B}} = 20\ \mathrm{V}$ und $U_{\mathrm{B}} = 50\ \mathrm{V}$.

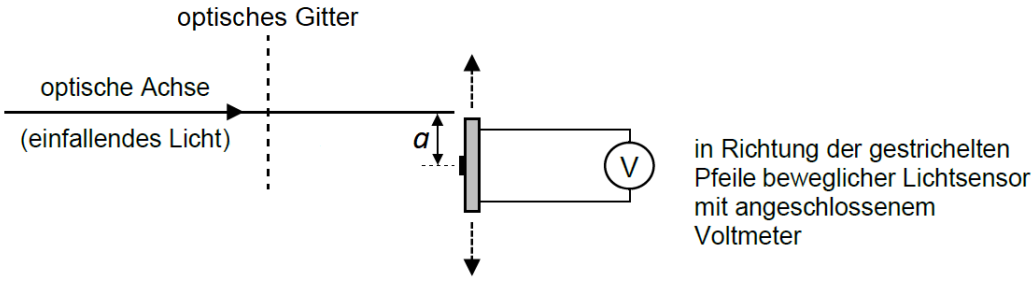
M3c zeigt ein vereinfachtes Energieniveauschema eines Heliumatoms.

Werten Sie die Messdaten in M3b unter Einbeziehung des Energieniveauschemas in M3c aus. **[12 BE]**

3.3 Bei höheren Beschleunigungsspannungen ist ein Leuchten in der Röhre zu erkennen. Man kann zeigen, dass dieses Leuchten violette Anteile enthält.

Erklären Sie unter Berücksichtigung des Energieniveauschemas in M3c das Entstehen dieser Leuchterscheinung.
Hinweis: Gehen Sie davon aus, dass für die Wellenlänge λ sichtbaren Lichts mit violetter Färbung gilt: $400\ \mathrm{nm} < \lambda < 430\ \mathrm{nm}$. **[6 BE]**

Material



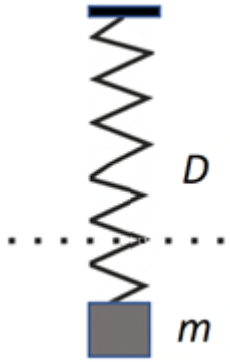
M1a: Vereinfachte Darstellung eines Teils des Versuchsaufbaus zum Experiment in 1.2

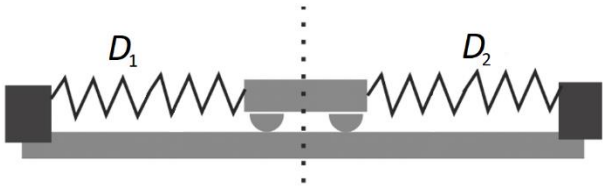
Zur Messung wird der Lichtsensor senkrecht zur optischen Achse bewegt.
Die ausgegebene Spannung des Lichtsensors ist ein Maß für die Lichtintensität.

Abstand a des Lichtsensors zum Maximum 0. Ordnung in cm	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,5
Spannung U in V	0,040	0,044	0,060	0,093	0,127	0,145	0,112	0,084	0,062	0,051	0,046

M1b: Messwerte im Maximum 1. Ordnung der grün leuchtenden LED in 1.2

Der Abstand a wurde jeweils auf $2\ \text{mm}$ genau bestimmt. Der Abstand des Doppelspalts zur Sensorebene beträgt $e = (38{,}8 \pm 0{,}3)\ \text{cm}$. Die Gitterkonstante beträgt $g = \frac{1}{500}\ \text{mm}$.





M2a: Aufbau eines Feder-Masse-Pendels

Masse m unbekannt

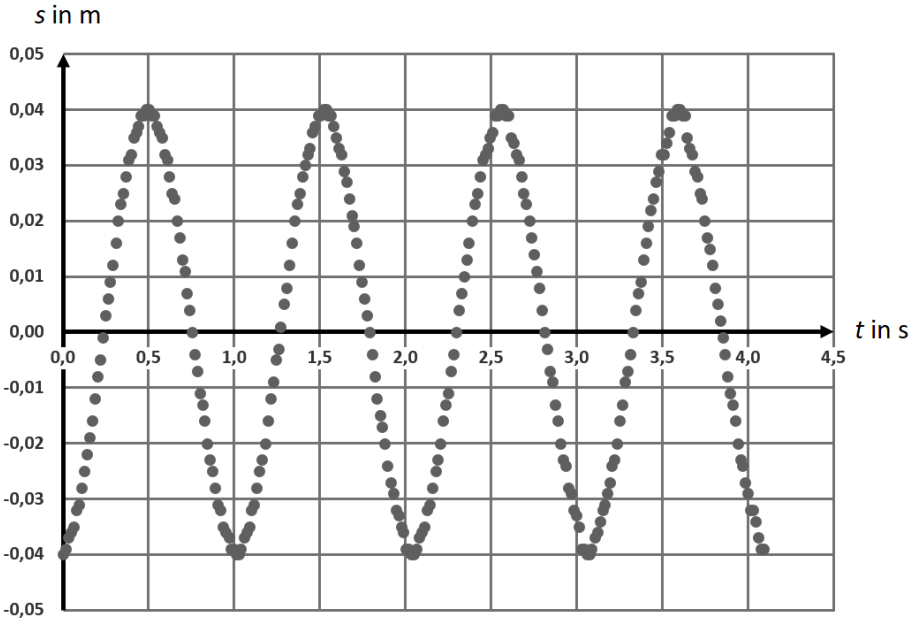
Federkonstante $D = 6{,}1\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$

M2b: Aufbau eines horizontalen Federschwingers

Masse m variabel

Federkonstanten $D_1 = D_2 = 6{,}1\ \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Die Massen der Federn können in beiden Versuchen vernachlässigt werden. Die gepunkteten Linien markieren die Gleichgewichtslage.



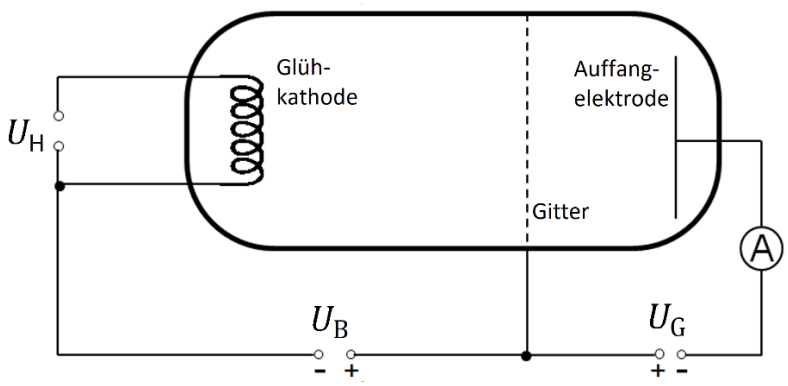
M2c: Zeit-Auslenkung-Diagramm eines Feder-Masse-Pendels

Masse m unbekannt, Federkonstante $D = 6{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$

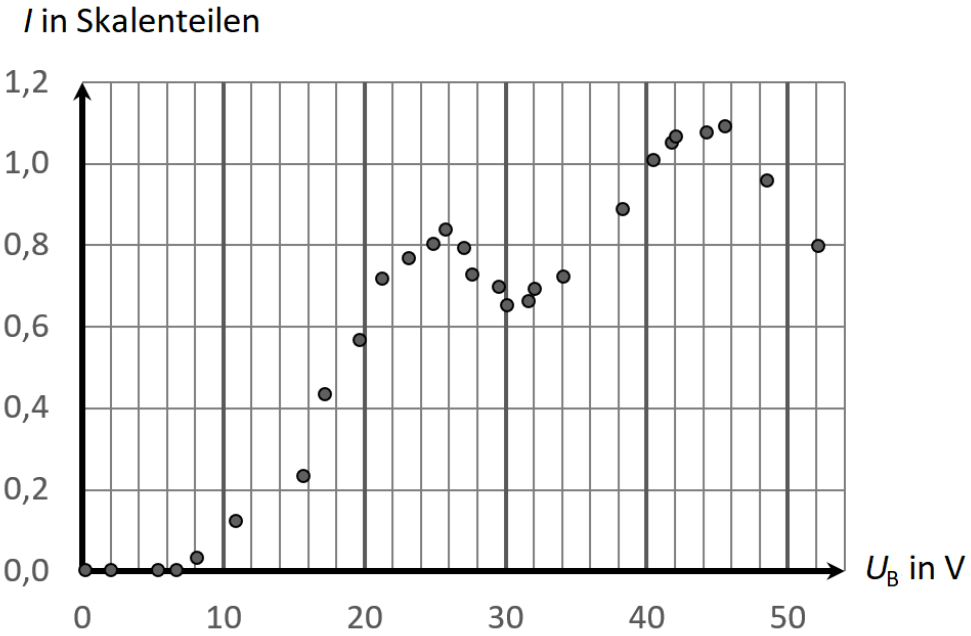
Masse m in kg	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20
Periodendauer T in s	0,00	0,40	0,58	0,72	0,79

M2d: Messdaten für die Periodendauer T in Abhängigkeit von der Masse m eines horizontalen Federschwingers mit zwei Federn

Federkonstanten $D_1 = D_2 = 6{,}1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$



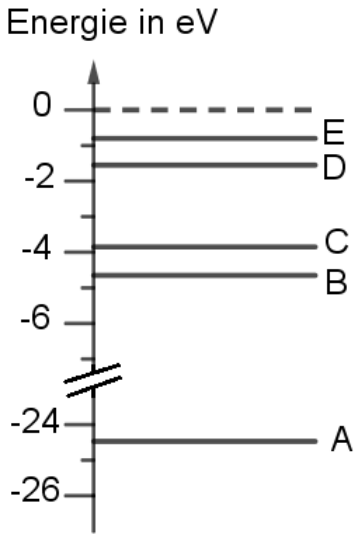
M3a: Vereinfachter Versuchsaufbau zum Franck-Hertz-Experiment in Aufgabe 3



M3b: Messdaten zum Franck-Hertz-Experiment in 3.2

Die Gegenspannung beträgt $U_G = 7\ \text{V}$.

Die Stromstärke I des Elektronenstroms wird in Skalenteilen angegeben.



M3c: Vereinfachtes Energieniveauschema eines Helium-Atoms

Im Grundzustand ist A das höchste besetzte Energieniveau. Zur besseren Ablesbarkeit ist der Bereich zwischen $-7\ \text{eV}$ und $-24\ \text{eV}$ ausgelassen.

Hilfsmittel

- Taschenrechner
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene physikalische Formelsammlung
- Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene mathematische Formelsammlung